

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo



Termodinâmica

Introdução



Do grego

Termhe (calor)

+

Dynamis (potência)

= Termodinâmica

Termodinâmica = ciência da energia e da entropia.

Termodinâmica: objeto de estudo é a energia e suas transformações.



O que lhe agregará o curso?

- ◆ Aprendizado de uma disciplina fundamental de Engenharia;
- ◆ Aquisição de “cultura de Engenharia”, já que abordamos inúmeros problemas reais;
- ◆ Fornecimento de conhecimentos para entendimento de temas atuais, como a questão energética e o aquecimento global;
- ◆ Desenvolvimento de metodologia científica;
- ◆ Desenvolvimento do raciocínio abstrato.

Origem de nossa energia



Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo



Usinas hidrelétricas

Origem de nossa energia



Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo



Usinas termoelétricas

Origem de nossa energia



Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo



Usinas nucleares

Qual o impacto?



Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo



Poluição



Aquecimento global?



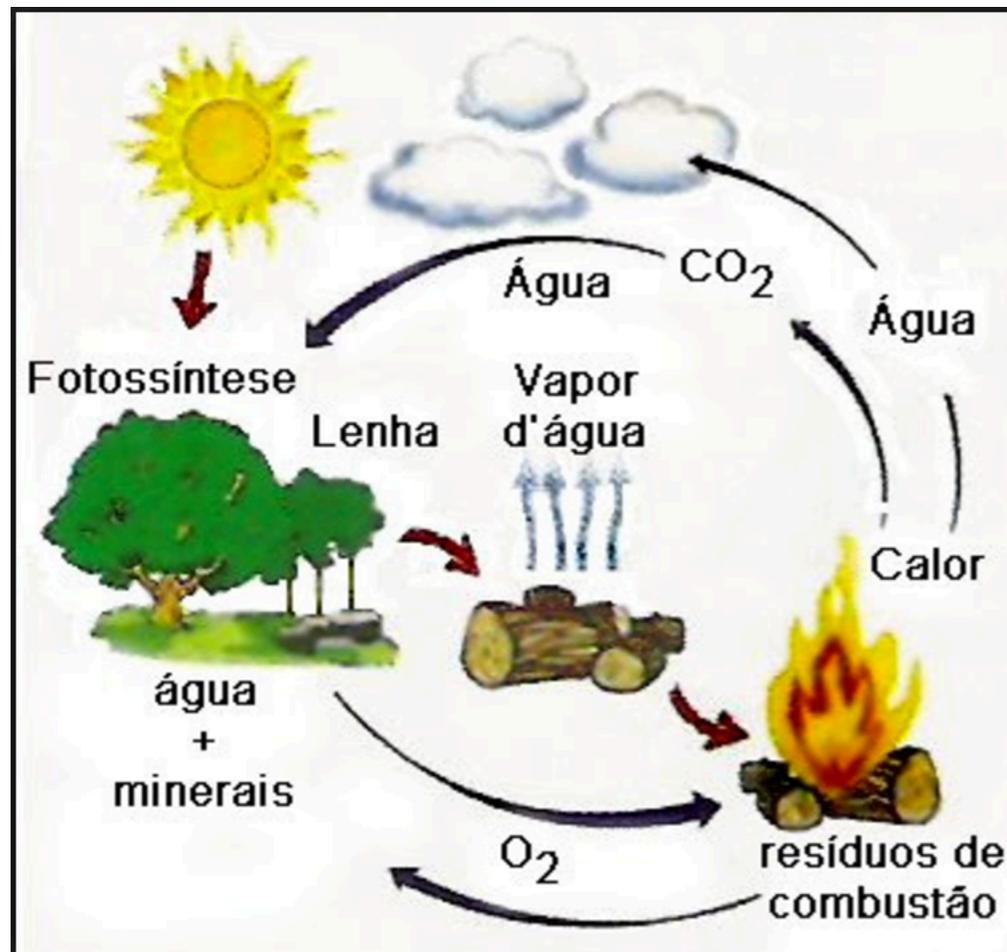
Fazendas eólicas



Células fotovoltaicas

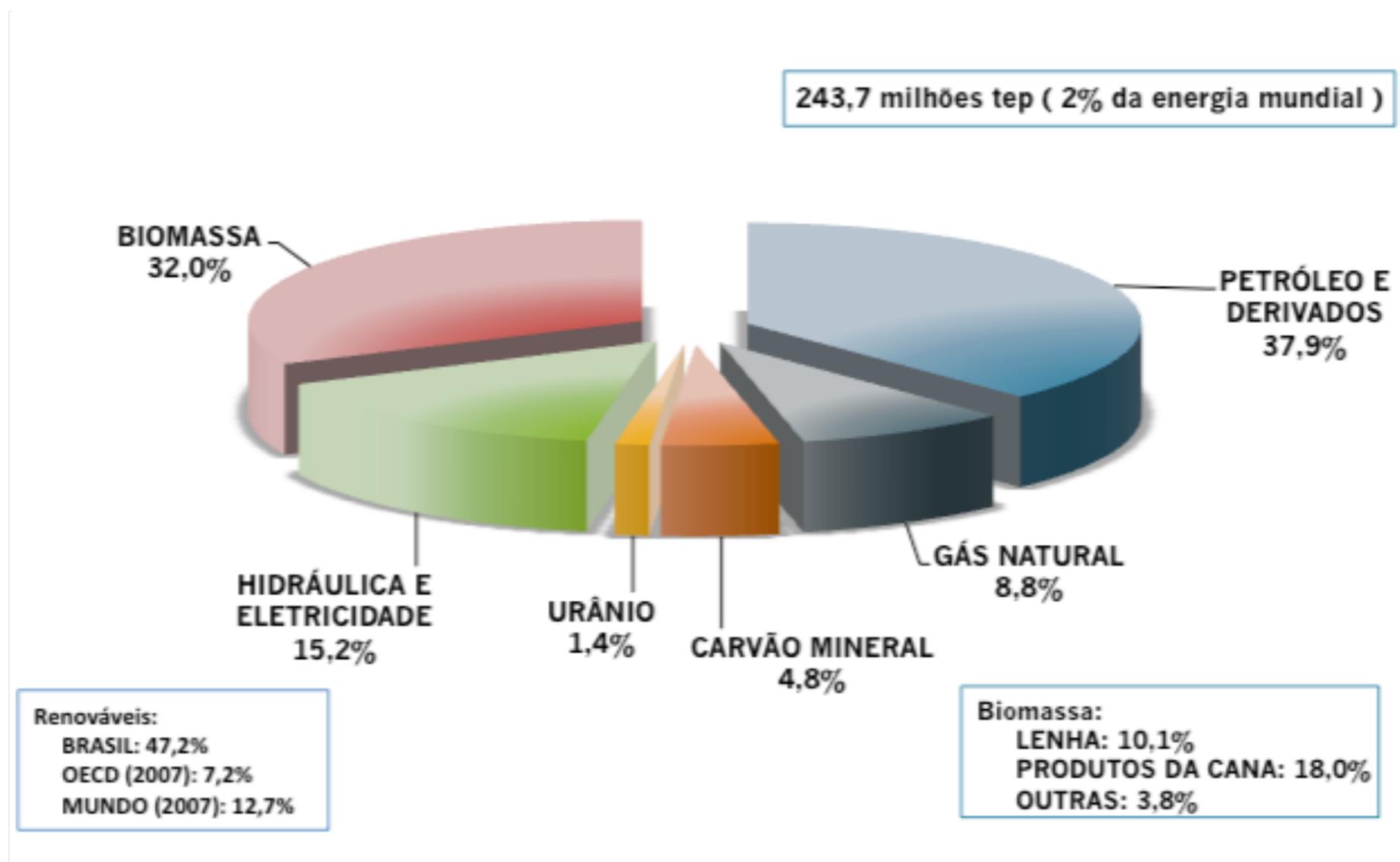


Plantas solares



Biomassa

Matriz energética brasileira



Fonte: Ministério das Minas e Energia (2009).



Somos constantemente bombardeados com a idéia de utilização de fontes alternativas de energia.

A conta que devemos fazer é simples? Basta escolhermos uma fonte alternativa e viável economicamente que nossos problemas ecológicos estão resolvidos?

A Termodinâmica diz que não. Veja os exemplos a seguir...

Aproveitamento da energia solar: aquecedor solar



Água deixa o aquecedor de 50 a 70 °C

Para conversão em energia mecânica
teríamos um rendimento máximo de
apenas 13%!

Portanto esse equipamento é adequado apenas para o
aquecimento de água líquida!

Aproveitamento da energia: concentrador solar



Fluido térmico deixa o aquecedor na temperatura de 300 a 400°C!

Para conversão em energia mecânica teríamos um rendimento máximo de 56%!

Portanto é mais adequado utilizar esse equipamento para conversão em energia mecânica do que para apenas aquecimento!

★ Tão importante quanto a geração é o uso da energia!



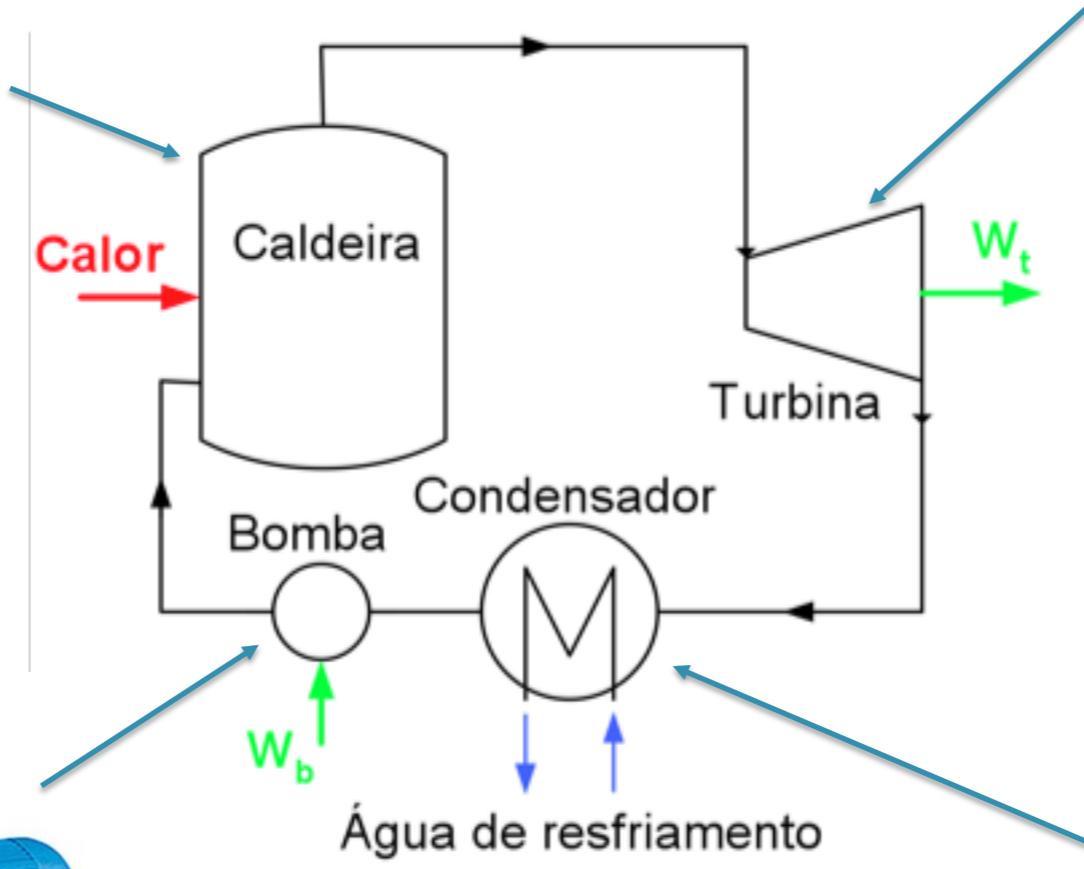
Vejamos como funcionam alguns sistemas de potência e refrigeração comuns. Trataremos desses sistemas com maiores detalhes ao longo de nosso curso.

Vamos aproveitar, também, e discutir alguns aspectos econômicos e de viabilidade técnica associados à conversão de energia!

Ciclo de potência a vapor



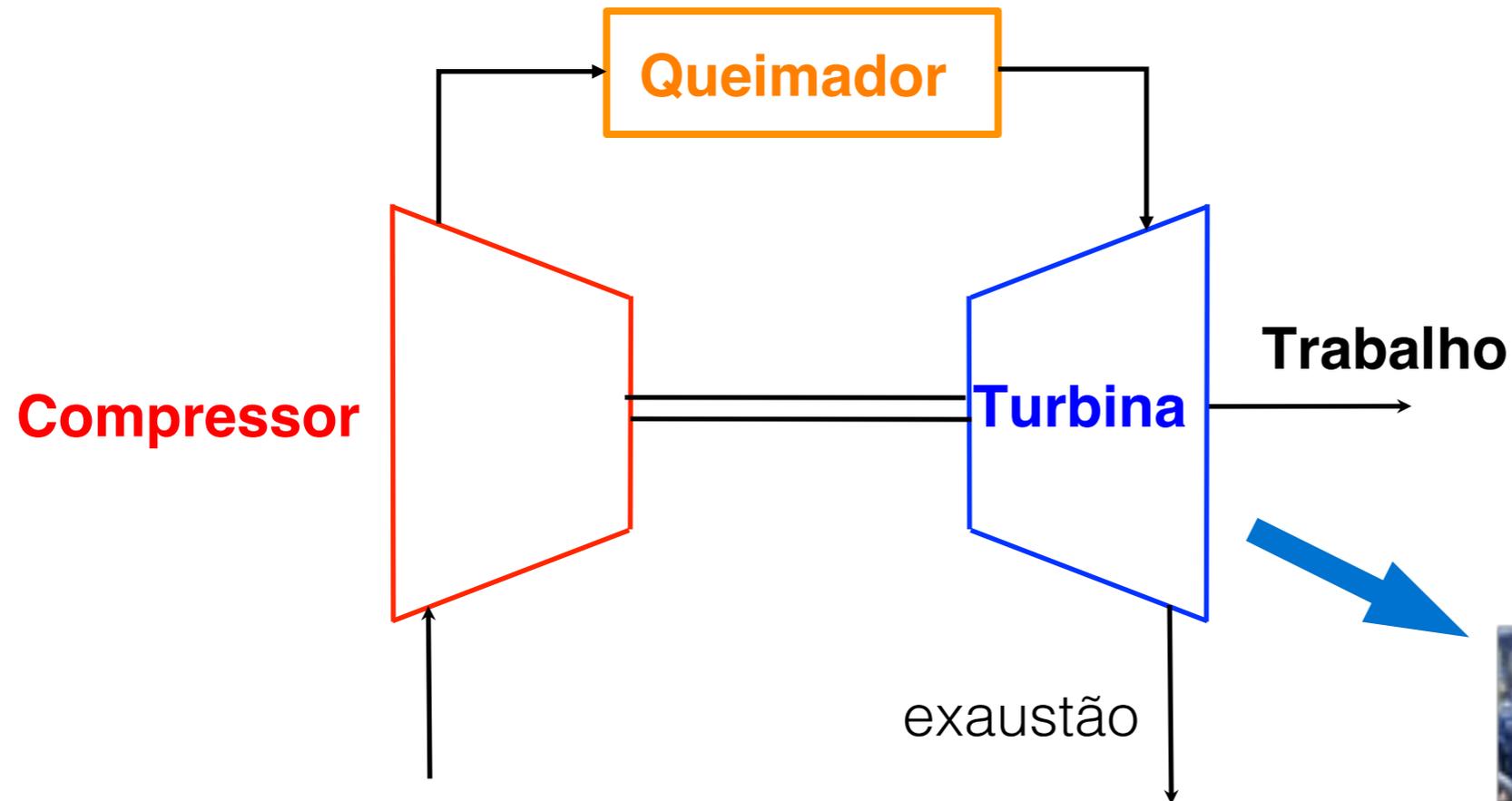
Fluido de trabalho: água



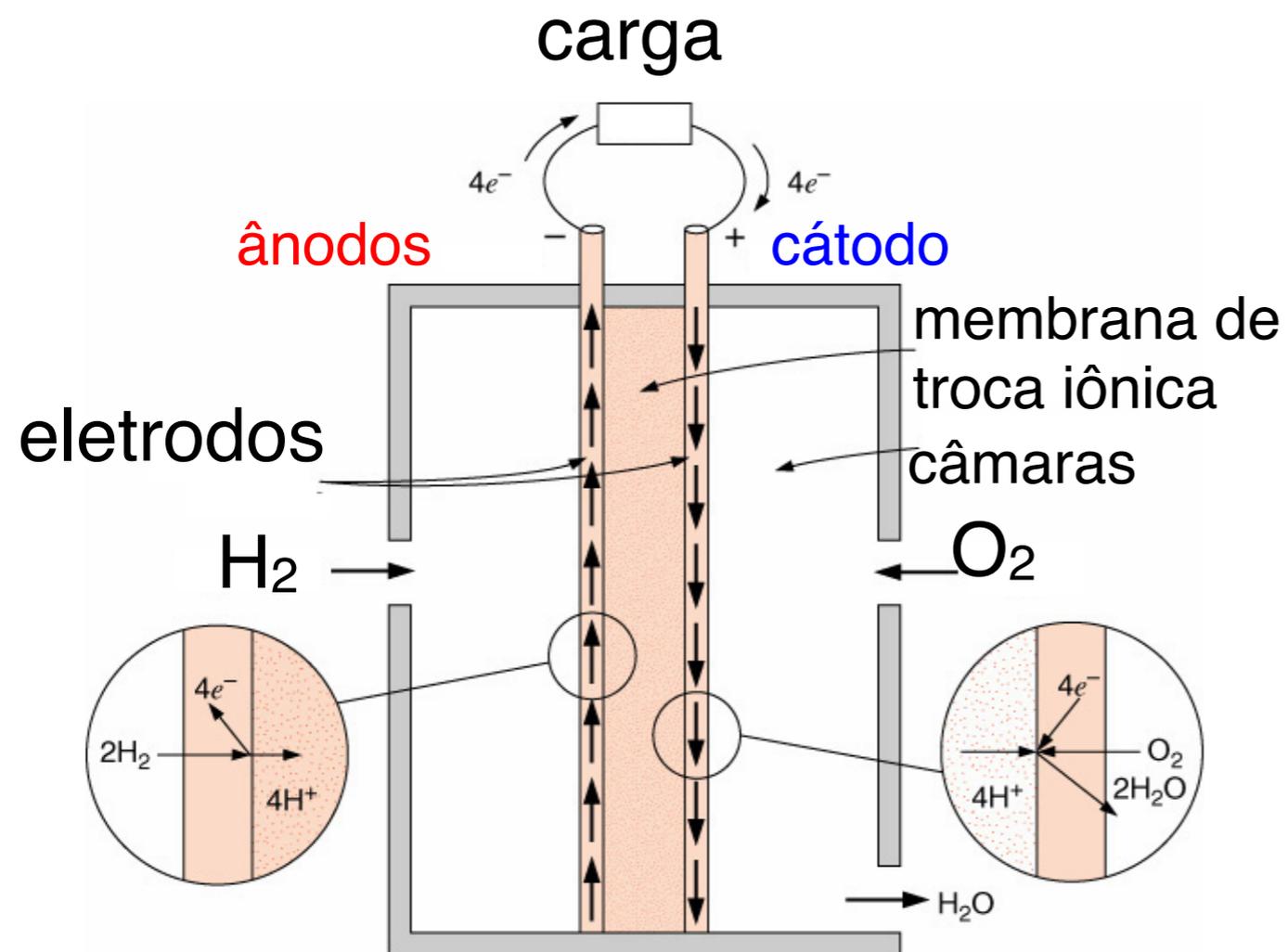
Ciclo de potência a gás



Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo



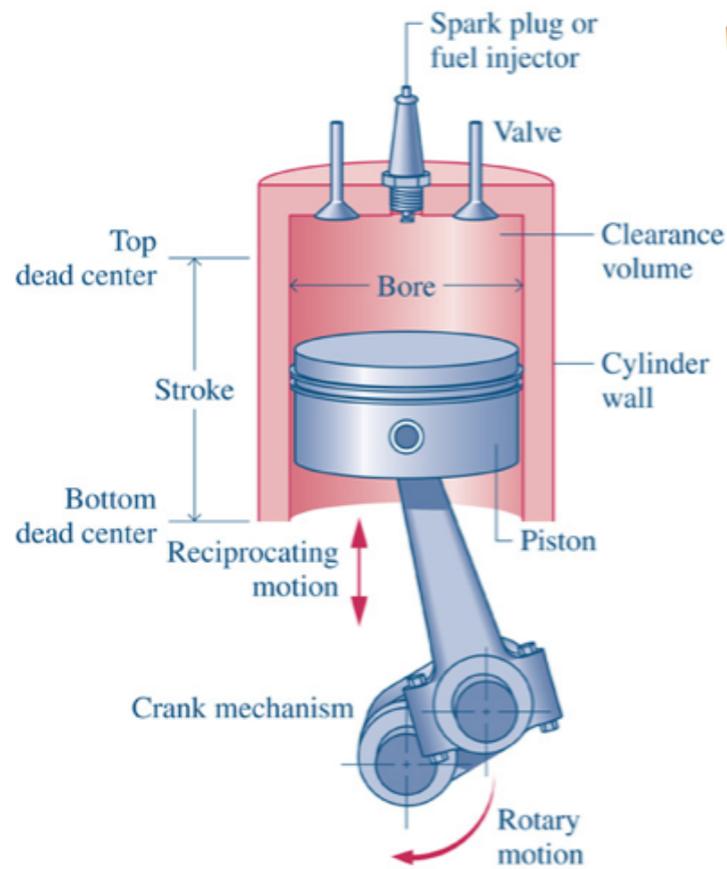
Célula a combustível



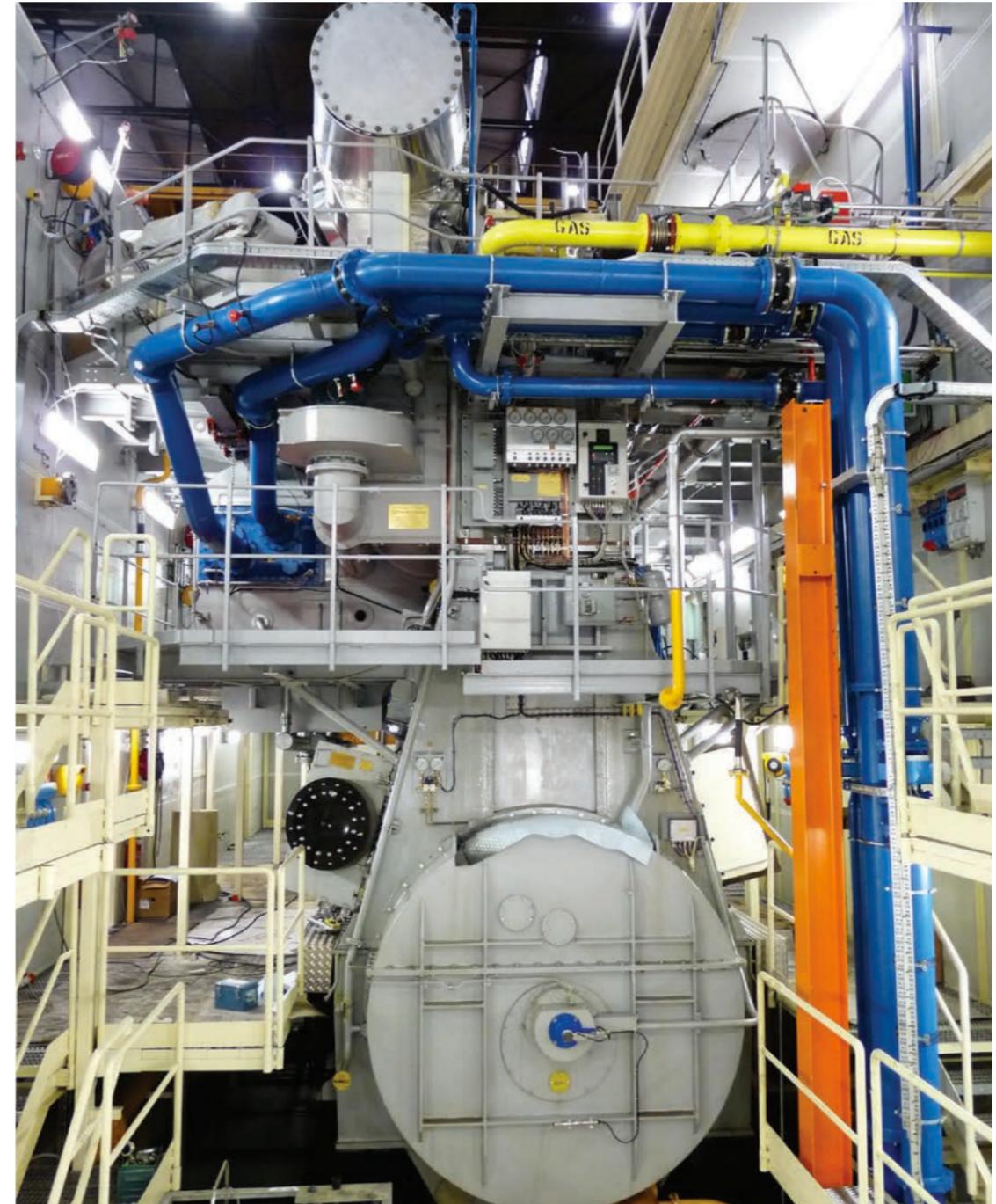
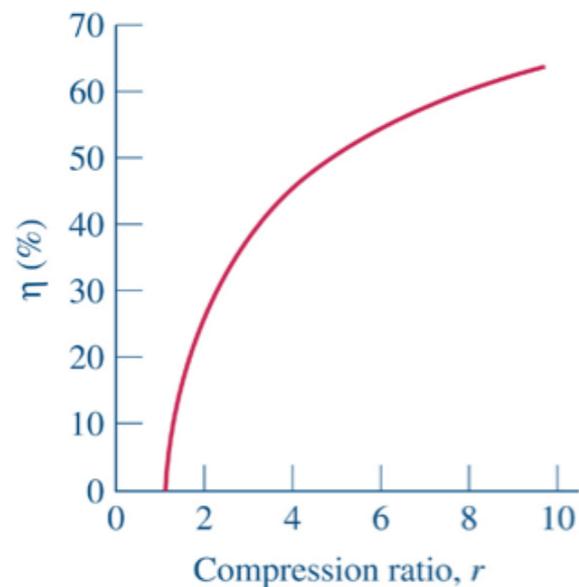
Ciclo de potência a gás



Motor de Combustão Interna



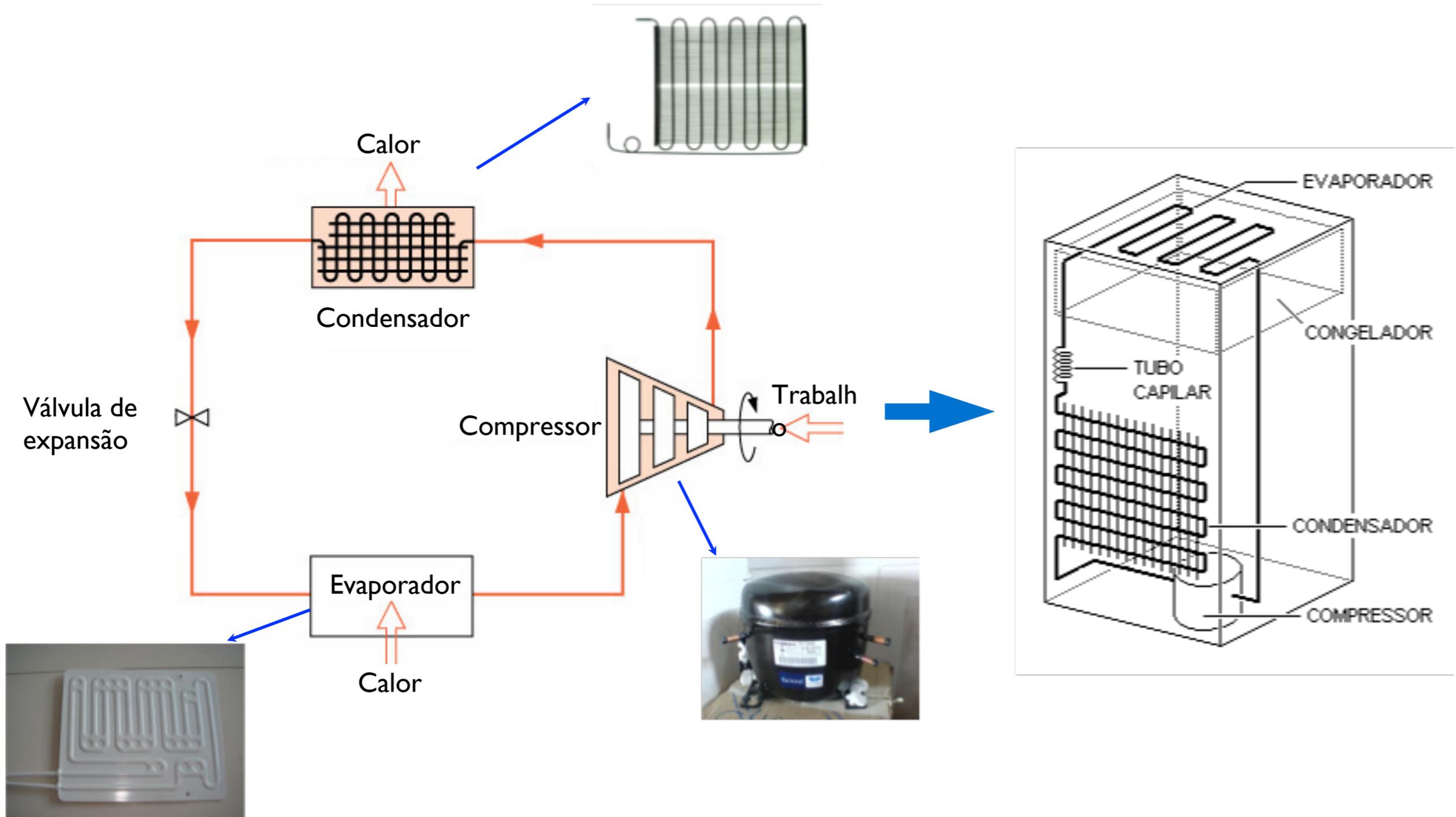
Wärtsilä RT-flex50DF test-bed engine



Ciclo de refrigeração



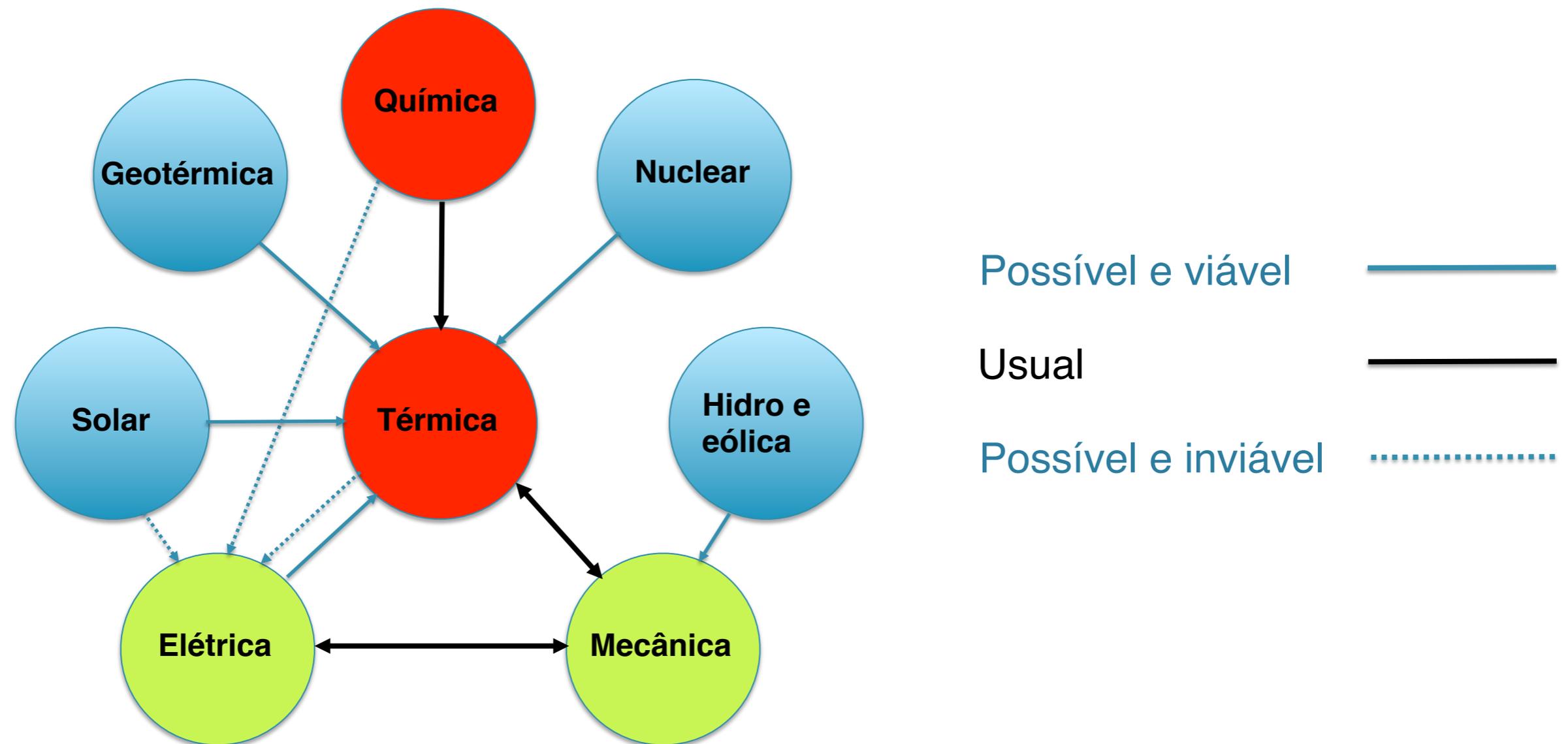
Fluido de trabalho: fluido refrigerante



Conversão de energia



Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo



Adaptado de: Eastop, T. D., Croft, D. R., 1996, Energy Efficiency for Engineers and Technologists, Addison Wesley Longman Limited.



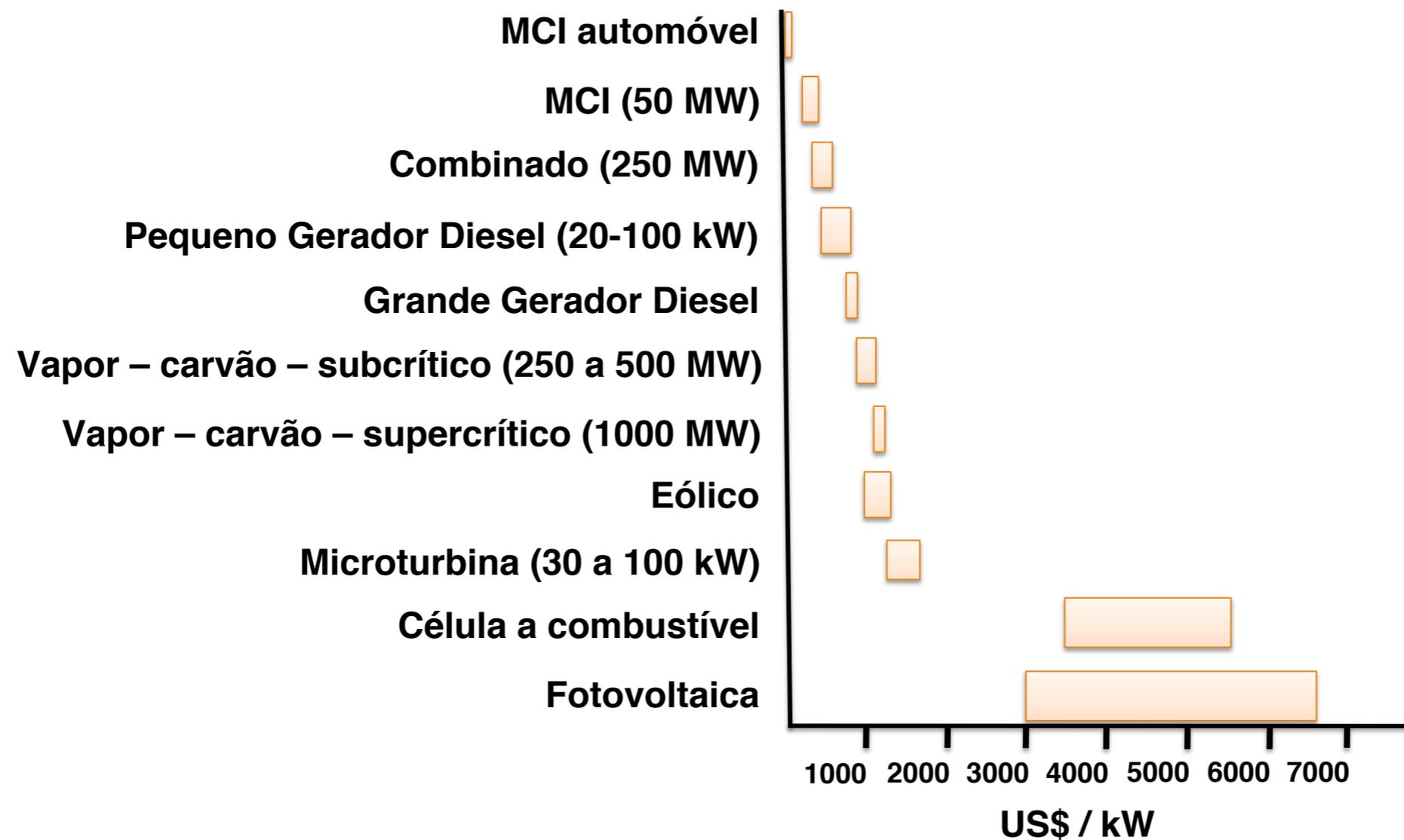
Sistemas de potência

Origem	Rendimento típico (%)	Faixa típica (%)
Fotovoltaica	10	5 a 10
Solar térmica	15	10 a 25
Turbina a gás	30	15 a 38
Otto	30	25 a 35
Nuclear	33	32 a 35
Turbina a vapor	33	25 a 39
Turbina eólica	40	30 a 50
Diesel	40	35 a 49
Célula a combustível	45	40 a 70
Combinado	50	45 a 60
Hidroelétrica	85	70 a 90

Custo capital*



Sistemas de potência



* Valores aproximados



Básica:

◆ Van Wylen, Borgnakke, C., Sonntag, R.E., **Fundamentos da Termodinâmica**, 7ª Ed., Edgard Blucher, 2009.

Complementar:

◆ Moran, M.J.; Shapiro, H.N. **Princípios de termodinâmica para engenharia**. LTC, 6 ed., 2009.

◆ Çengel, Y. A.; Boles, M. A. **Termodinâmica**. McGraw-Hill, 5. ed., 2006.

Cronograma de atividades



CRONOGRAMA DE ATIVIDADES				
Disciplina: PME-3240 - TERMODINÂMICA I				
Turmas: 01 e 02				
Professores: Ernani V. Volpe, Flávio A. S. Fiorelli, Guenther Krieger e José Simões				
1º Semestre/2017				
Aula	Data	Tópico do Programa	Atividade/ Código	Tópicos do livro
1ª	06/03	Introdução. Conceitos Fundamentais	T	1.0
2ª	06 e 08/03	Apresentação dos Laboratórios de Termodinâmica	L	
3ª	10/03	Substância Pura. Propriedades. Equação de estado. Fator de Compressibilidade.	T	2.0
4ª	13/03	Trabalho	T	3.3, 3.4 e 3.12
5ª	13 e 15/03	Instrumentação em Engenharia Térmica	L	
6ª	17/03	Trabalho e Calor.	T	3.5 e 3.6
7ª	20/03	Exercícios	E	
8ª	20 e 22/03	Superfícies Termodinâmicas	L	
9ª	24/03	1ª Lei para Sistemas	T	3.1 e 3.2
10ª	27/03	Energia interna e entalpia.	T/E	3.7 a 3.11
11ª	27 e 29/03	Estados de Saturação	L	
12ª	31/03	1ª Lei para Sistemas. Exercícios	T/E	
13ª	03/04	Teorema de Transporte de Reynolds. Equação da Conservação de massa para Volume de Controle.	T	4.1
14ª	03 e 05/04	Aquecimento de Sistema	L	
15ª	07/04	1ª Lei para Volume de Controle.	T	4.2 a 4.5
16ª	17/04	1ª Lei para Volume de Controle. Exercícios	T/E	
17ª	17 e 19/04	Determinação de título	L	
18ª	24/04	1ª Lei para Volume de Controle. Regime Uniforme.	T	4.6
19ª	24 e 26/04	Exercícios	E	
20ª	28/04	1ª PROVA	P	P1
21ª	05/05	2ª Lei da Termodinâmica – Processos Irreversíveis e Enunciados – parte I	T/E	5.1 a 5.2
22ª	08/05	2ª Lei da Termodinâmica – Processos Irreversíveis e Enunciados – parte II	T	5.3 e 5.4
23ª	08 e 10/05	2ª Lei da Termodinâmica. Exercícios	E	
24ª	12/05	Ciclo de Carnot. Gases Perfeitos e Escala Termodinâmica de Temperatura	T/E	5.5 a 5.9
25ª	15/05	Desigualdade de Clausius. Entropia. Relações Tds.	T	6.1 a 6.9
26ª	15 e 17/05	Exercícios 2ª Lei	E	
27ª	19/05	Geração de Entropia. Princípio do Aumento de Entropia.	T/E	6.10 a 6.13
28ª	22/05	2ª Lei para Volume de Controle. Regime Permanente e Uniforme	T	7.1 a 7.5
29ª	22 e 24/05	Avaliação Termodinâmica de tubo de Ranque-Hilsch	L	
30ª	26/05	Irreversibilidade e Disponibilidade e Exergia	T	8.1 e 8.2
31ª	29/05	Balances de Disponibilidade e de Exergia	T	8.3
32ª	29 e 31/05	Exercícios Disponibilidade e Exergia	E	
33ª	02/06	2ª PROVA	P	P2
34ª	05/06	Ciclos Motores a Vapor: Carnot e Rankine	T	9.1 e 9.2
35ª	05 e 07/06	Avaliação de um ciclo de potência a vapor	L	
36ª	09/06	Efeitos da pressão e temperatura. Irreversibilidades internas e externas do ciclo. Exercícios.	T/E	9.3 a 9.6
37ª	12/06	Ciclos de refrigeração	T	9.9 a 9.12
38ª	12 e 14/06	Avaliação de um ciclo de refrigeração.	L	
39ª	19/06	Ciclos Motores a Gás: Brayton.	T	10.1 e 10.2
40ª	19 e 21/06	Ensaio de turbina a gás	L	

41ª	23/06	Ciclo Brayton: Modificações no ciclo	T	10.3 a 10.5
42ª	26/06	Ciclos Motores a Gás: Otto e Diesel.	T	10.7 a 10.9
43ª	26 e 28/06	Ciclos Motores a Gás: Otto e Diesel. Exercícios	E	
44ª	30/06	Ciclo Combinado	T	10.12
45ª	03/07	3ª PROVA	P	P3
46ª	07/07	Prova Substitutiva – Somente com atestado médico	P	Psub

-Códigos: (T) Teoria (E) Exercícios (L) Laboratório (P) Provas

-Livro Texto: Sonntag, R.E., Borgnakke, C., Van Wylen, G.J. Fundamentos da Termodinâmica, 8ª, Edgar Blucher, SP, 2013.

-Outras Referências: Moran M.J. e Shapiro H.N., Fundamentals of Engineering Thermodynamics, 7ª ed., John Wiley & Sons, 2010.

Moran M.J. e Shapiro H.N., Princípios de Termodinâmica para Engenharia, 7ª ed. LTC Editora, 2013.

Cengel, Y. A. e Boles, M. A., Termodinâmica, 7ª Ed. McGraw-Hill, Inc., 2013.

-Critério de Aproveitamento: $A = 0,9 MP + 0,1 MR$

onde $MP = \text{média das notas de provas } (MP = (P1 + P2 + 2 P3) / 4)$ e $MR = \text{média das avaliações dos relatórios/lista de exercícios}$

Não haverá Prova Substitutiva. Se algum aluno perder uma prova por motivo de doença, com comprovação mediante apresentação de atestado médico emitido pelo HU.

-Horário de atendimento aos alunos:

Prof. Ernani: terça-feira das 14:00 h às 15:00 h. Sala TS 13

Prof. Fiorelli: terça-feira das 14:00 h às 15:00 h. Sala TS 23

Prof. Guenther: quarta-feira das 10:30 h às 11:30 h. Sala TS 15

Prof. Simões: segunda-feira das 13:30 h às 14:30 h. Sala ES 30



BOM CURSO!